

슬라이더의 동적거동에 대한 실험적 고찰 (DFHT를 이용한 슬라이더의 동적거동 측정 방법)

Experimental study of dynamic response of a slider (A Measurement of Slider Dynamic Using DFHT)

°강태식, 김재원, 박노열
Tae-Sik Kang, Jae-Won Kim, No-Yeol Park

Key Words : Air-Lubricated Slider Bearing (공기윤활 슬라이더 베어링), Air-Bearing Surface (공기 윤활면), Dynamic response (동적거동), DFHT (Dynamic Flying Height Tester), Disk Bump (디스크 범프).

ABSTRACT

The dynamic behavior of slider is investigated using Dynamic Flying Height Tester(DFHT). The dependence of slider's dynamic fluctuation on disk velocity is measured, and a comparison is made with the computational result.

1. 서론

하드디스크의 데이터 기록밀도를 향상시키기 위해 헤드와 디스크사이의 간극(또는 부상높이)은 20 nm 이하로 낮아지게 되면서 이를 측정하는 기술 또한 많은 연구가 이루어지고 있다.

80년대 후반까지는 LDV(Laser Doppler Vibrometer)를 이용하여 실제 디스크에서의 헤드의 부상높이와 슬라이더의 자세 등을 측정하였으나, 측정 정밀도가 낮아서 슬라이더의 작은 변동을 측정하기 어려운 단점을 지녔다. 충격 등의 외부 자극에 대해 슬라이더가 크게 변동하는 경우^(1,2) 또는 슬라이더가 램프에서 로드(load) 또는 언로드(unload)할 때의 슬라이더 거동을 측정하는 연구가 주로 이 방법으로 수행되어지고 있다.^(3,4) 그리고 Mitsuya 등⁽⁵⁾은 Michelson 레이저 광선을 디스크와 슬라이더 표면에 동시에 주사하였을 경우에, 각

표면에 맺히는 상(image)의 차이를 이용하여 간극을 측정하였다. 그러나 이 방법은 포착된 상(image)에 대한 간극만을 측정할 수 있으므로 연속적인 측정이 불가능하고, 정밀도가 낮아 부상높이가 낮은 경우에는 사용이 불가능하다.

한편 DFHT는 파장이 다른 3색의 레이저 광선을 이용하여 한 개를 사용할 경우보다 측정정밀도를 높여 현재 10 nm 이하의 측정도 가능하게 되었다. 그리고 한 번의 측정에 200 개 이상의 측정 데이터를 이용할 수 있으며, 각 데이터간의 측정 간격(sampling frequency)이 약 22×10^{-6} sec 로써 슬라이더의 동적거동을 측정할 수 있다.⁽⁶⁾

본 연구에서는 DFHT 측정 장비와 직육면체 범프(bump)가 제작된 디스크를 이용하여 슬라이더의 동적거동을 측정하였다. 디스크 속도에 대한 슬라이더의 거동 특성을 살펴보았으며, 각각에 대하여 시뮬레이션 결과와 비교하였다.

삼성종합기술원, <http://www.sait.samsung.co.kr>
tskang@sait.samsung.co.kr (031-280-9378)
es0913@samsung.co.kr (031-280-8045)
nypark@sait.samsung.co.kr (031-280-9226)

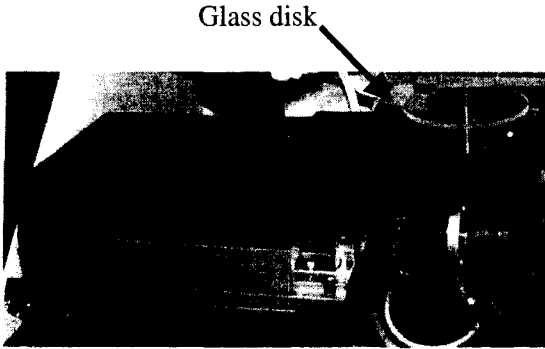


Fig. 1 Dynamic Flying Height Tester

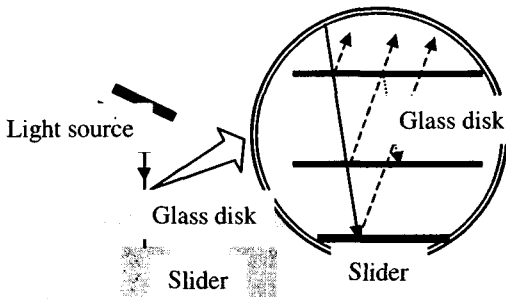
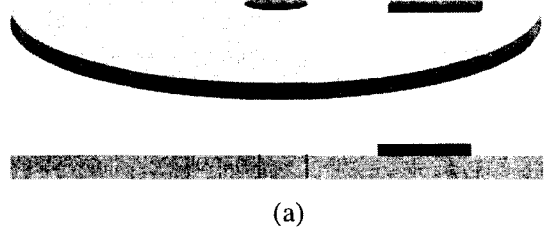


Fig. 2 Overview of slider and disk combination

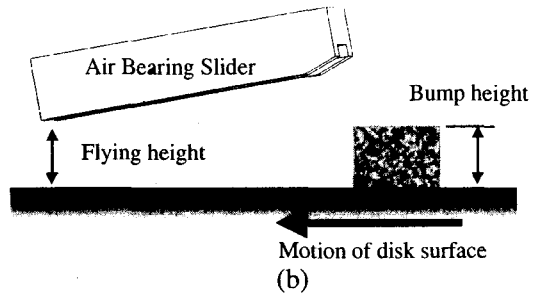
2. 측정장비

DFHT 측정장비에는 Fig. 1 과 같이 유리 디스크를 사용하며, 슬라이더는 공기베어링 면이 위로 향하도록 하여 Fig. 2 와 같이 놓이게 된다. 디스크는 레이저 광선이 쉽게 투과할 수 있도록 슬라이더가 놓이게 되는 원주방향으로 상하면이 모두 청결해야 한다.

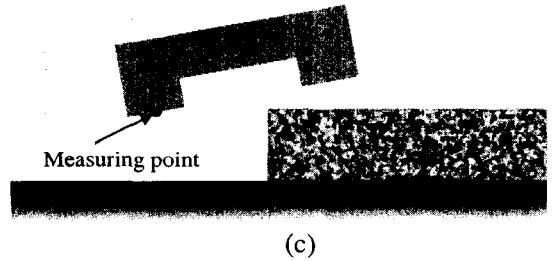
디스크 위에 직육면체 범프는 Fig. 3(a)과 같이 반경 방향으로 일정한 높이로 제작되었으며, Fig. 3(b)와 같이 디스크가 회전하면서 범프가 슬라이더를 통과하게 된다. 범프는 크롬(Cr)으로 제작되어 레이저 광선이 투과할 수 없으므로 실제 슬라이더는 Fig. 3(c)와 같이 측정 점 위치에는 범프가 놓이지 않도록 하였다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 3 (a) Bumped glass disk (b) Schematic of slider and disk (side view) (c) Schematic of slider and disk (rear view)



Fig. 4 Schematic of slider

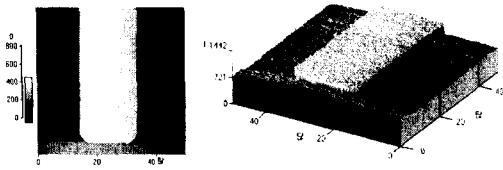


Fig. 5 Rectangular bump on the glass disk

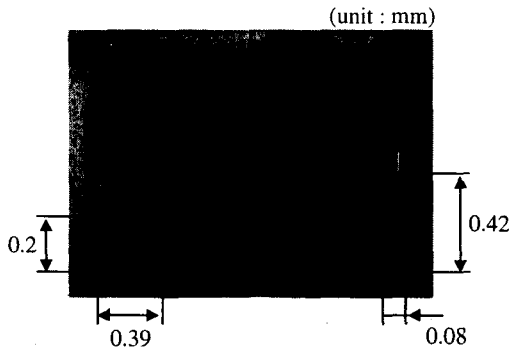


Fig. 6 Two measuring points on the air-bearing surface

3. 슬라이더 및 범프 형상

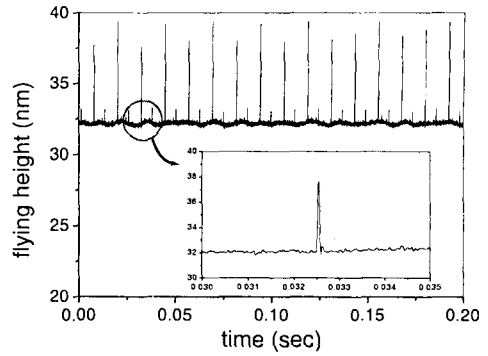
측정 슬라이더는 Fig. 4와 같이 테이퍼(taper)가 없이 두 개의 단(step)으로 이루어져 있으며, 헤드는 슬라이더의 중앙 끝에 위치한다. 슬라이더의 크기는 1.24 mm의 길이, 1.00 mm의 너비 그리고 0.3 mm의 높이이며, 약 1.6 mg의 질량을 갖는다. 그리고 서스펜션은 Hutchinson의 TSA 3430 모델을 사용하였다.

유리 디스크에 제작된 범프는 Fig. 5와 같으며, 높이는 25 nm, 너비는 20 μm이다.

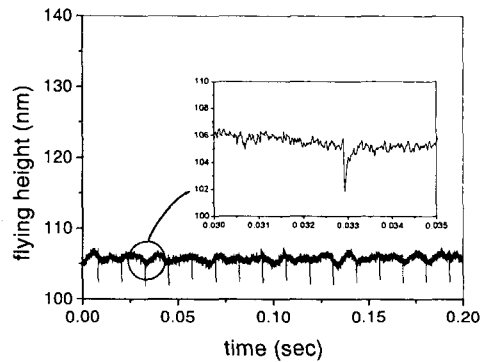
4. 측정 및 시뮬레이션 결과

부상높이 측정은 Fig. 6과 같이 범프가 통과하지 않는 두 개의 점에서 수행하였다. 그리고 슬라이더 중심에서의 디스크 선 속도를 12 m/sec에서 20 m/sec까지 2 m/sec씩 증가시켰을 경우의 슬라이더의 동적거동을 살펴 보았다.

Figure. 7은 12 m/sec에서의 두 측정 점에 대



(a)



(b)

Fig. 7 Slider dynamic response on the bump (Experimental results) (a) of the measuring point P1 (b) of the measuring point P2

한 동적거동을 나타낸다. 측정은 22×10^{-6} sec의 측정간격으로 0.2초 동안 이루어지게 되며, 이 경우 디스크는 16회 회전한다. Figure 7 (a)와 (b)에서 동일한 측정 시간에서 16번의 부상높이 변화가 발생함을 알 수 있다. 범프를 만나게 되면 슬라이더 후방에 위치한 측정 점(P1)의 부상높이는 증가하게 되고, 슬라이더 전방에 위치한 측정 점(P2)의 부상높이는 감소하는 경향을 보인다. 이는 범프를 통과하는 순간 슬라이더 후방의 부상높이가 갑작스럽게 증가하면서 피칭운동이 발생하기 때문이다.

Figure 8은 상기 동일한 범프와 조건에 대한 시뮬레이션 결과를 보여준다. 측정 점 P1의 경우 시뮬레이션 결과는 범프를 통과한 직후 슬라이더

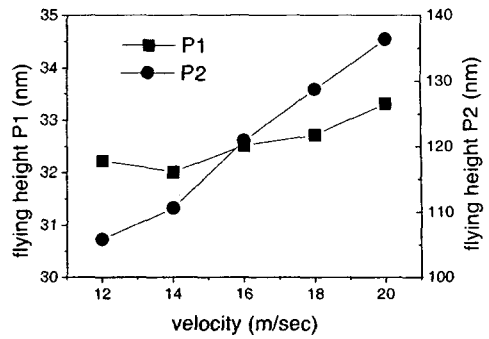
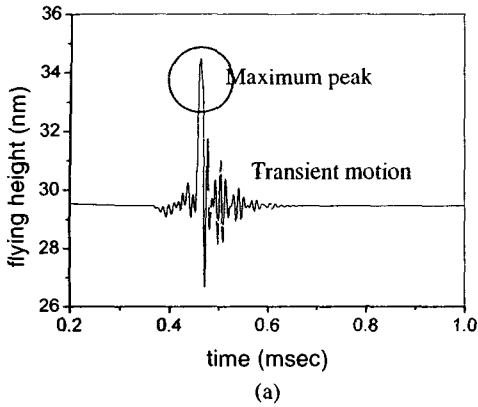


Fig. 10 Steady flying height according to the velocity

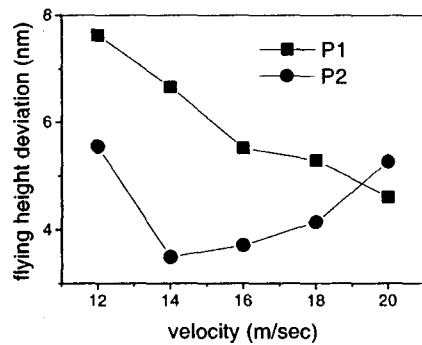
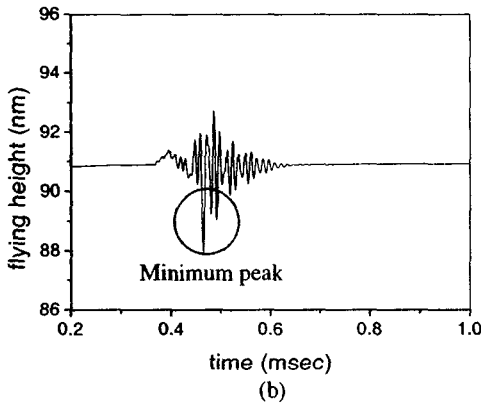


Fig. 11 Maximum flying height deviation

Fig. 8 Slider dynamic response on the bump (Simulational results) (a) of the measuring point P1 (b) of the measuring point P2

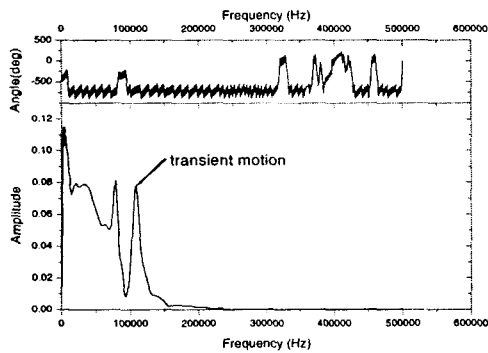


Fig. 9 Fourier Transform of the dynamic result

는 과도적인 피칭운동을 지속하게 되지만, 측정

결과에서는 이와 같은 과도운동을 관찰할 수 없었다. Figure 9는 시뮬레이션 결과에 대한 FFT이며 과도운동에 대한 주파수는 100 kHz 이상의 값을 지니게 되어, 22×10^{-6} sec의 측정 간격으로는 이러한 과도운동을 표현할 수 없다.

Figure 10은 속도 변화에 대한 각 측정 점에서의 정적 부상높이를 나타내며, Fig. 11는 동일조건에서의 부상높이 최대 변화량을 나타낸 것이다.

5. 결론

DFHT 측정 장비를 이용하여 슬라이더의 동적거동을 측정하기 위해 측정에 사용되는 유리 디스크에 크롬(Cr)으로 직육면체 범프를 제작하였다.

슬라이더 중심에서 디스크의 선속도를 12 m/sec 에서 20 m/sec 까지 2 m/sec 씩 변화시키면서 슬라이더의 거동특성을 측정하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 슬라이더가 범프를 통과할 때, 최대 부상 높이의 변화와 같은 거시적인 운동은 측정이 가능함을 알 수 있다.
- 고파수 영역인 과도운동은 측정 간격의 한계(22×10^{-6} sec)로 측정이 불가능하다.
- 디스크 선속도가 증가하면서 슬라이더의 부상높이는 다소 증가하고 최대 부상높이 변화량은 감소한다.
- 슬라이더가 범프를 통과할 때, 피칭운동이 발생한다.
- 범프를 통과할 때 측정 점 P2 보다 P1에서 부상높이의 변화가 크게 발생한다.

참고문헌

- (1) Riener, T. A., Goding, A. C., and Talke, F. E., 1988, "Measurement of Head/Disk Spacing Modulation Using a Two Channel Fiber Optic Laser Doppler Vibrometer," IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 24, No. 6, pp. 2745-2747.
- (2) Briggs, C. A. and Talke, F. E., 1989, "An Investigation of the IBM 3380 K Slider Using Laser Doppler Interferometry," IEEE Transactions of Magnetics, Vol. 25., No.5, pp. 3707-3709.
- (3) Jeong, T. G. and Bogy, D. B., 1990, "Slider-Disk Interactions During the Load-Unload Process," IEEE Transactions of Magnetics, Vol. 26., No.5, pp. 2490-2492.
- (4) Levi, P. G. and Talke, F. E., 1992, "Load/Unload Investigations On a Rotary Actuator Disk Drive," IEEE Transactions of Magnetics, Vol. 28., No.5, pp. 2877-2879.
- (5) Mitsuya, Y., Mitsui, A., Kawabe, Y. and Lunde, L., 1996, "Three-Dimensional Measurement of Head Flying Height and Attitude Using Image Processing of Fringe Patterns Formed by Michelson Laser Interferometry," ASME Journal of Tribology, Vol. 118, pp. 564-570.
- (6) DFHT IV-Dynamic Flying Height Tester, Operational Manual, PHASE METRICS.